

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-275027
(P2000-275027A)

(43) 公開日 平成12年10月6日 (2000.10.6)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード (参考)
G 0 1 B 11/24		G 0 1 B 11/24	K 2 F 0 6 4
9/04		9/04	2 F 0 6 5
G 0 2 B 21/00		G 0 2 B 21/00	2 H 0 5 2

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平11-78060

(22) 出願日 平成11年3月23日 (1999.3.23)

(71) 出願人 000002842

株式会社高岳製作所

東京都千代田区大手町2丁目2番1号

(72) 発明者 石原 満宏

愛知県西春日井郡西枇杷島町芳野町3丁目

1番地 株式会社高岳製作所技術開発センター内

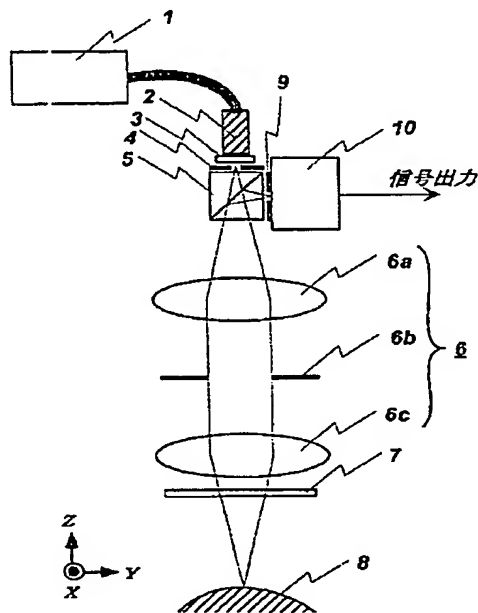
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 スリット共焦点顕微鏡とそれを用いた表面形状計測装置

(57) 【要約】

【課題】 高速でかつ視野サイズの自由度が高く、かつ簡単な構造でコンパクトな共焦点顕微鏡と表面形状計測装置を提供する。

【解決手段】 スリット開口によるスリット照明と一次元配列型検出器とを対物レンズの像面位置にビームスプリッタを介して配置し、光学系外部に機械的な走査機構を備える。



(2) 000-275027 (P2000-275027A)

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 物体の像を結像する対物レンズと、対物レンズと対物レンズの像面の間に配置されたビームスプリッタと、前記ビームスプリッタによってできる対物レンズの2つの像面の一方に設けられたスリット光源と、前記2つの像面のうち前記スリット光源とは別の像面に、前記スリット光源と光学的に等価な位置に設けられたスリット開口をもつ二次元配列型検出器とを有することを特徴とするスリット共焦点顕微鏡。

【請求項2】 載物台あるいはスリット共焦点顕微鏡がスリットの短軸方向へ移動することができる移動機構を備えることを特徴とする請求項1記載のスリット共焦点顕微鏡。

【請求項3】 物体上の一点の光軸方向の位置を計測する光触針センサーと、そのセンサーの結果により対物レンズの物体側焦点面を物体近くに移動させることができるフォーカス合わせ機構とを備えることを特徴とする請求項1または請求項2記載のスリット共焦点顕微鏡。

【請求項4】 物体の像を結像する対物レンズと、対物レンズと対物レンズの像面の間に光軸方向に少なくとも2つ配置された複数のビームスプリッタと、前記ビームスプリッタによってできる対物レンズの複数の像面の一方に設けられたスリット光源と、前記複数の像面のうち前記スリット光源とは別の像面それぞれに、前記スリット光源と光学的に等価な位置である焦点位置から焦点深度をはずれない範囲内で光軸方向にシフトさせた位置にスリット開口をもつ複数の二次元配列型検出器と、前記複数の二次元配列型検出器からの信号を処理する信号処理装置とを備えることを特徴とする表面形状計測装置。

【請求項5】 載物台あるいは光学系がスリットの短軸方向へ移動することができる移動機構を備えることを特徴とする請求項4記載の表面形状計測装置。

【請求項6】 物体上の一点の光軸方向の位置を計測する光触針センサーと、そのセンサーの結果により対物レンズの物体側焦点面を物体近くに移動させることができるフォーカス合わせ機構とを備えることを特徴とする請求項4または請求項5記載の表面形状計測装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、主に寸法計測の目的で共焦点画像を得るための光学装置に関する。

【0002】

【従来の技術】共焦点光学系を用いて画像を撮ると、ぼけた部分の光は遮られビントの合った部分だけが画像化される。一般の結像光学系ではぼけた光は像面上に広がり画像を劣化させるが、共焦点光学系ではそのようなことがない（あるいは非常に少ない）ためコントラストの高いシャープな画像が得られる。また、コントラストだけでなく画像の分解能自体も一般の結像光学系より高くなるため、高分解能な観察が可能である。

2

【0003】また、共焦点光学系は、物体の光軸方向（以下Z方向と呼ぶ）の位置（以下高さと呼ぶ）を精度良く計測することが可能であることでも知られている。共焦点光学系による高さ計測の原理を図7を用いて解説する。点光源101からでた光は対物レンズ103により集光され物体に投影される。物体から反射して再び対物レンズ103に入射した光はハーフミラー102を介して点光源101と光学的に同じ位置にあるピンホール104に入射し、ピンホール104を通過した光の量が検出器105により計測される。これが共焦点光学系の基本的な構造である。共焦点光学系により物体表面の各位置の高さが次のようにして計測できる。物体表面が点光源101に共役な位置にある場合、反射光は同じく共役な位置であるピンホール104面に収束し多くの反射光がピンホール104を通過する。しかし物体表面が点光源に共役な位置から離れるとピンホール104を通過する光量は急速に減少する。このことから物体と対物レンズ103との距離を変化（以下ではZ走査と呼ぶ）させて検出器105が最大出力を示す点を見つければ物体表面の高さがわかることになる。

【0004】共焦点光学系は基本的に点検出の光学系であるため、画像を得るためには一般にXYの走査を行う必要がある（以下では共焦点光学系による画像を共焦点画像と呼ぶことにする）。XY走査による方法としてはXYテーブルを用いて物体あるいは光学系を二次元走査するもの、あるいはレーザービームまたはNipkow diskと呼ばれる回転円盤を用いて高速にXY走査を行うものなどが一般的に知られている。

【0005】しかし、このような二次元の走査を行うと非常に時間がかかり、また装置が複雑になってしまうという問題がある。この問題への解決策としてスリット顕微鏡あるいは共焦点光学系を二次元に並べる非走査型共焦点顕微鏡が提案されている。

【0006】図8に典型的なスリット走査型の共焦点顕微鏡の構造を示す（例えば、論文W. B. Amos and J. G. White著: "Direct View Confocal Imaging Systems Using a Slit Aperture", Handbook of Biological Confocal Microscopy 2nd Ed. (Edited by J. B. Pawley), 403-415, 1995, Plenum Press参照）。スリット共焦点はスポットでなくスリットを物体に投影してスリットで受ける形の共焦点光学系であり、スリットの長手方向は共焦点の効果は弱いが高速検出が可能な特徴をもつ。

【0007】スリット81aと光源81bよりなるスリット光源81から射出された照明光はレンズ82を経てビームスプリッタ83によって偏向しガルバノミラー84に入射する。スリット81aはレンズ82の前側焦点

(3) 000-275027 (P2000-275027A)

3

位置に設置されており、ガルバノミラー84の回転軸位置はレンズ82の後側焦点位置である。このように配置することでスリット81a各点から出た球面波はレンズ82で平面波のビームとなり、各ビームはガルバノミラー84の回転軸位置に重ね合わされる。ガルバノミラー84で偏向されたビームはレンズ85の焦点位置でスリット81aの像として、レンズ86aとレンズ86bよりなる対物レンズ86の像面上に結像する。このスリット81aの像は対物レンズ86を通して物体87に投影される。ガルバノミラー84を振ると、対物レンズ86の像面上のスリット像が走査されることになり、同時に物体87上をスリットが走査することになる。物体87からの反射光は同じ行路を戻って行き、ビームスプリッタ83を通過してスリット開口88付近に結像する。スリット開口88に密着させて置かれた二次元配列型検出器89でスリット開口88を通過した光量を検出する。ガルバノミラー84により走査をしても反射光の結像位置は移動しないから、走査をしながら二次元配列型検出器89で繰り返し検出することでスリット共焦点画像を得ることができる。

【0008】次に非走査型の共焦点撮像系について説明する。非走査型はまだ一般的ではないがこれまでに特開平4-265918号公報および特開平7-181023号公報および特開平9-257440号公報として開示されており、また論文H. J. Tiziani他著: "Three-dimensional analysis by a microlens-array confocal arrangement", Applied Optics, Vol. 33, No. 4, p. 567-572 (1994) にも発表されている。ここでは特開平4-265918号公報に開示された装置について説明する。

【0009】図9を用いて説明する。光源91からでた光をコリメートレンズ92により平行光として、ピンホールアレィ93に照射する。ここにピンホールアレィ93はピンホールを多数同一平面に配列したものである。ピンホールアレィ93の各ピンホールを通過した光は個々が点光源とみなされ、点光源が配列されているのと同様である。ピンホールを通過した光はハーフミラー94を透過して後、レンズ95aと95cとテレセントリック絞り95bとで構成された対物レンズ95により物体96に投影される。物体96から反射してきた光は対物レンズ95で集光され、ハーフミラー94により光路を偏向させられてピンホールアレィ93の各ピンホールと一対一に光学的に同一位置に正確に位置あわせされたピンホールをもつ検出器ピンホールアレィ97上に到達し検出器ピンホールアレィ97の各ピンホールに各検出器が一対一で結びついた検出器アレィ98で各ピンホールを通過した光量が検出される。以上の構成はちょうど共焦点光学系を並列に配列したのと同様である。この公報

4

では、検出器部分に一般的には必要となる検出器ピンホールアレィを開口率の低い(画素に対する光電変換素子の比率が小さい)CCDセンサを用いることで不要としているが、より一般的な上記の構成を従来技術とする。【0010】これら2つの従来技術はともに非常に高速な撮像が可能である。

【0011】

【発明が解決しようとする課題】しかし共通する問題点として視野が制限されるということと製造が難しいということがあげられる。

【0012】基本的にどちらの手法とも対物レンズの有効像面サイズに相当する視野を超える画像を撮ることはできない。しかも円形の有効像面領域の内接四角形部分に限られる。それ以上の領域の情報を得るためにはXYテーブルのような別のスキャン手段が必要となる。対象物が大きくかつ高いXY分解能が必要である場合、移動・停止・撮像のサイクルを繰り返さねばならず、また各視野のつなぎ目の処理も煩雑である。

【0013】また、どちらの従来技術も製造の難易度が高いことも問題である。スリット走査型は2系統の結像光学系を直列で並べる必要があり、その内部には偏向光学系が含まれている。これらの光軸位置合わせは簡単ではない。構造部品が多いため装置の寸法が大きくなり、耐久性にも不安がある。工場の振動のある環境などでの使用は難しい。また、XYテーブルに乗せて移動させる場合にも振動の影響が大きく、所望の計測精度が得られない。

【0014】非走査型は一見非常にシンプルな構成となっているが、実際にこれを製造するのは大変な困難がある。また、原理的に高分解能の計測が不可能であるという致命的な欠点がある。まず、製造上の問題であるが、照明側に設置されたピンホールアレィ93と、検出器側に設置されたピンホールアレィ97の位置あわせが必要である。数万個から数十万個に及ぶピンホール1個1個を μm 以下の精度で全て位置あわせしなければならない。これだけでも非常に大変であるが、検出器側のピンホールに検出器の1画素1画素を位置あわせするのも至難の業である。

【0015】その上に、検出器自体にも問題がある。非走査型の共焦点光学系はピンホールアレィ上の各ピンホール間の距離をあけることでビーム間の光のクロストークを小さくすることで成り立っている。ピンホールのサイズは基本的に対物レンズの像側開口数(以下では開口数をNAと呼ぶ)で決まる。高倍率の対物レンズを使用するとなると像側NAは大きくできない。そのためピンホールのサイズも小さくはできない。ピンホールサイズを $10\mu\text{m}$ とするとピンホール間はピンホールサイズの5倍以上はとる必要があるのでピンホール間隔は $50\mu\text{m}$ 以上必要となる。一般に2次元配列型検出器(例えばCCDカメラ)は画素ピッチが $10\mu\text{m}$ 前後である。5

(4) 000-275027 (P2000-275027A)

5

0.4 μmもの画素間隔を持つ検出器は特別に製造する必要があり、検出器の信頼性や価格面に問題がある。

【0016】また、ピンホール間隔をあげなければならない必要からどうしても高解像度の画像を得ることは原理的にできない。つまり、ピンホールとピンホールの間の遮光された領域はスキャンなしでは計測できない。基本的に非走査型は撮像速度は非常に速いが対物レンズのもつ本来の解像能力が犠牲にされる。

【0017】本発明はこのような従来技術に鑑みて、高速でかつ視野サイズに自由度が高く、かつ簡素な構造でコンパクトなスリット共焦点顕微鏡を提供することを目的とする。

【0018】本発明の別の目的は、高速でかつ視野サイズに自由度が高く、かつ簡素な構造でコンパクトな表面形状計測装置を提供するものである。

【0019】

【課題を解決するための手段】解決の手段を開示する前に、画像処理により製品の外観検査を行うマシンビジョンと呼ばれる業界で画像センシング系がどのように用いられているかについて説明する。マシンビジョン業界では一般に画像センシング用の検出器としては二次元検出器（例えばCCDカメラ）と一次元検出器（例えばCCDラインセンサー）が状況に応じて使い分けられている。対象物が大きくかつ高いXY分解能が必要である場合は一次元検出器の利用が非常に多い。物体あるいは検出器自体の走査により視野がXYどちらか1方向は制限なく連続的に得ることができるためである。二次元検出器の場合は視野制限があるため、大きい物体を撮るためにはXYテーブルによる移動・停止・撮像のステップ動作が繰り返す必要であり、つなぎ目処理が煩雑になる。また、一般に一次元検出器は二次元検出器と比べ検出器の配列方向には画素数が圧倒的に多いというメリットがある。二次元検出器の一辺がせいぜい1024画素程度であるのに対し、一次元検出器は4096画素程度のものはごく普通である。対象物が大きくかつ高いXY分解能が必要である場合は、二次元検出器より一次元検出器を用いた方が一般的に効率が良い。

【0020】このような背景から、前記技術的課題を解決するために、共焦点光学系でかつマシンビジョン業界での一次元検出器の利用方法のような使い方が可能な新たな共焦点撮像系が必要であり、以下のような手段をとる。

【0021】物体の像を結像する対物レンズと、対物レンズと対物レンズの像面の間に配置されたビームスプリッタと、前記ビームスプリッタによってできる対物レンズの2つの像面の一方に設けられたスリット光源と、前記2つの像面のうち前記スリット光源とは別の像面に、前記スリット光源と光学的に等価な位置に設けられたスリット開口をもつ一次元配列型検出器とを備える。また好ましくは、物体あるいはスリット共焦点顕微鏡をスリ

6

ットの短軸方向へ移動することができる移動機構を持たせる。

【0022】前記構成において、走査機構を光学系の外部に持たせることで視野の自由度を大きくし、また光学系を簡素にすることができる。

【0023】従来のような走査が必要な場合、走査機構は対物レンズの瞳位置に配置しなければならないが対物レンズの瞳位置に配置することができるようにするためには瞳周辺に空間を大きくあける必要があり、これは対物レンズの設計にとって大きな制約となる。特に共焦点では対物レンズの結像性能が重要であるのでこのような制約は大きい問題である。そのため対物レンズの瞳位置に直接走査機構を配置せず、瞳の共役な位置に配置したのが従来技術である。この共役な瞳を実現するためにもう一段の光軸合わせが十分なされた結像光学系が必要であり、そのために装置構成が複雑になり装置寸法も大きなものとなっていた。

【0024】本発明では走査機構が光学系外にあることからレンズ系は対物レンズのみで実現可能である。しかも、一次元の画像データが計測できればよいので有効像面の直径をフルに利用できる。ビームスプリッタも図2に示すような角柱状のものをを用いればよく、対物レンズと像面の間にスペースをほとんど必要としない。照明スリットと検出器スリットの位置あわせもスリット一本どうしの位置あわせであるから困難はない。

【0025】そして好ましくは、物体上の一点の光軸方向の位置を計測する光触針センサーと、そのセンサーの結果により対物レンズの物体側焦点面を物体近くに移動させることができるフォーカス合わせ機構とを持たせるようにする。

【0026】このような機構を持つことで、物体表面の高さに追従して、常にピントのあった画像を得ることができる。

【0027】また、物体の像を結像する対物レンズと、対物レンズと対物レンズの像面の間に光軸方向に少なくとも2つ配置された複数のビームスプリッタと、前記ビームスプリッタによってできる対物レンズの複数の像面の一つに設けられたスリット光源と、前記複数の像面のうち前記スリット光源とは別の像面それぞれに、前記スリット光源と光学的に等価な位置である焦点位置から焦点深度をはずれない範囲内で光軸方向にシフトさせた位置にスリット開口をもつ複数の一次元配列型検出器と、前記複数の一次元配列型検出器からの信号を処理する信号処理装置とを備える。また好ましくは、載物台あるいは表面形状計測装置をスリットの短軸方向へ移動することができる移動機構を持たせる。

【0028】これにより走査を行いながら物体の表面形状が計測可能となる。

【0029】そして好ましくは、物体上の一点の光軸方向の位置を計測する光触針センサーと、そのセンサーの

(15) 000-275027 (P2000-275027A)

8

7

結果により対物レンズの物体側焦点面を物体近くに移動させることができるフォーカス合わせ機構とをもちせる。

【0030】前記構成により物体表面が常に計測範囲に入るようにできる。

【0031】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施の形態について説明する。図1、図2に本発明の第一の実施の形態を示す。図1は側面図、図2は正面図である。光源1はハロゲンランプであり、ファイバライトガイド2により光学系へ照明光が導かれる。ファイバライトガイド2の射出口は光ファイバーをライン状に並べたスリット形状のものである。このファイバライトガイド2の射出口の前に偏光板3とスリット開口4を置きスリット光源を形成している。スリット開口4から射出された直線偏光の照明光は偏光ビームスプリッタ5を通過して、レンズ6a、絞り6b、レンズ6cよりなる対物レンズ6に入射し、1/4波長板7により円偏光となって物体8面上にスリット開口4の像を結像する。物体8で反射した光は再び1/4波長板7により照明光とは直交する直線偏光となって対物レンズ6を通過して偏光ビームスプリッタ5に入射する。入射する反射光は照明光とは偏光方向が直交するから偏光ビームスプリッタ5により偏向せられスリット開口9（図2においては図示されていない）に入射し、スリット開口9に密着して設置された一次元配列型検出器10であるCCDラインセンサー（図2においては図示されていない）で透過光量が検出されるようになっている。

【0032】非常に簡素な構成であり、一般の画像をCCDラインセンサーで撮る場合とほとんど変わらない構成で共焦点画像を得ることができる。

【0033】偏光ビームスプリッタ5は図3に示すような一辺のみが長い角柱タイプのものを用いる。一般的な立方体タイプ（従来技術の非走査型ではこのタイプを用いる）は対物レンズ6と像面の間に非常に大きいスペースを必要とするが、本発明では必ずしも必要ない。これにより全体の重量、コストが大きく削減できる。

【0034】図2に示すように、対物レンズ6は両側テレセントリックなレンズとなっていて、スリット光源4の各点から一様に図のZ方向に射出される照明光を、全て同様に（ケラレがないように）扱うようになっているが、これは本発明の本質ではなく、必ずしも両側テレセントリックである必要はない。重量を減らすために対物レンズ6をトーリックレンズで構成することもできる。

【0035】また、一次元配列型検出器10はそれ自体がスリット開口であるので、必ずしも本実施例のような一次元配列型検出器10とは別のスリット開口9が必要ない。また、スリット開口9と一次元配列型検出器10の間に結像光学系、あるいは光ファイバーなどの導光素子が入っていても本発明の範囲内である。

【0036】スリット光源もこの実施例に限られるものではない。ファイバライトガイド2の射出口とスリット開口4のあいだに結像光学系、あるいは光ファイバーなどの導光素子が入っていても、またフィルター類が挿入されていても、また、配列された光ファイバー自身がスリット開口とみなせる場合も本発明の範囲内である。

【0037】本発明の本質はスキャン機構を光学系内部に持たないスリット共焦点光学系ということであり、スリット光源および一次元検出器の構造は種々考えられ、対物レンズの仕様により最適な構成は異なる。

【0038】また、ここではフレア光を抑制するために偏光素子をいくつか用いているがこれらは本来必要ではない。ビームスプリッタも無偏光タイプでよい。

【0039】次に、本発明の第二の実施の形態を図4を用いて示す。この例では、Aは第一の実施の形態で示したスリット共焦点顕微鏡であり、これに物体をスリットの短軸方向（図1のY方向）に移動させる移動機構である一軸テーブル401と、物体上の一点の位置を計測する光触針センサー402と、スリット共焦点顕微鏡A全体を光軸方向に移動させることができるZ軸移動機構403を組み合わせて物体表面形状計測装置としたものである。図4ではZ軸移動機構403はコントローラ403aとZ軸テーブル403bに分けて描いてある。

【0040】一軸テーブル401にはスケール（あるいはエンコーダ）が内蔵されており、単位移動量毎にパルス信号を出力する。このパルス信号のパルス毎にスリット共焦点顕微鏡の一次元配列型検出器の露光及び読み出しが行われるようになっている。露光時間はパルス間の時間間隔に関係なく一定である。このようにすることで一軸テーブルが完全な等速移動をしなくても、幾何学的に正確で、輝度ムラがない画像データを得ることができる。

【0041】このように光学系の外部に一軸の走査機構を持つことで、走査方向には光学系の視野サイズの制限を受けることなく走査することが可能になる。走査の速度は基本的に一次元配列型検出器の信号検出速度で制限され、走査機構にはよらないので、従来技術のようにガルバノミラーのような光学的な走査であっても、本発明のように一軸テーブルによる機械走査であっても速度的な差異は発生しない。速度的に、光学的な走査と遜色ない走査ができるという点で、共焦点光学系の研究の初期に行われていた点計測共焦点光学系をXYテーブルで走査するような著しく低速な手法と本発明は大きく異なる。

【0042】光触針センサー402は物体表面上の1点の高さを高速に計測するものである。色々な原理に基づくセンサーが市販されており、その原理は省略するが、物体にレーザースポットを投射してそのスポットがあたった点の高さ（Z位置）を計測するものである。

【0043】光触針センサー402は、スリット共焦点

(6) 000-275027 (P2000-275027A)

9

顕微鏡Aのスリットが照射される位置より、一軸テーブル401の移動方向に対して反対側に設置される。スリット共焦点顕微鏡Aが走査するよりも前に光触針センサー402が走査するようになっており、光触針センサー402がスリット共焦点顕微鏡Aを先導するような位置に取り付けられる。

【0044】共焦点光学系はピントが合った位置以外は画像化されないため、ピントを合わせる機構が必要である。例えば共焦点画像を得たい物体表面がうねりを持っている場合、そのうねりを考慮せずにZ位置を固定して走査を行うと画像化されないところが出てくる。そこで、スリット共焦点顕微鏡Aが通過する前に光触針センサー402によって物体表面位置を求めておき、スリット共焦点顕微鏡Aがその位置を通過するときにはスリット共焦点顕微鏡AのZ方向の位置を微調整するようにする。これにより物体表面にうねりがあっても画像化されることになる。

【0045】具体的に、半導体のウエハ上の回路パターンを共焦点画像化したい場合を考える。ウエハは基本的に平面であるが、大きいためにやはり若干のうねりがある。うねりがあるとスリット共焦点顕微鏡Aに対するピント位置は一定ではなくなるため、本発明のような機構がないと単純な走査では一様に画像化されない。

【0046】次に、本発明の第三の実施の形態を示す。これまで説明した第一、第二の実施の形態は共焦点画像を得るためのものであったが、本例は物体の形状計測をするためのものである。図5に本例のスリット共焦点光学系部分の構造を示す。基本的には第一の実施の形態で述べたスリット共焦点顕微鏡と同じ構造である。大きな違いは、偏光ビームスプリッタ5a、5b、5cが3個直列に並んでおりそれぞれに一次元配列型検出器10a、10b、10cが取り付けられている点である。

【0047】この部分を詳細に説明する。3つのビームスプリッタは全て偏光ビームスプリッタでありビームスプリッタの45度の分割面に対するP偏光の照明光を対物レンズ6の方へほぼそのまま透過する。物体8から反射してきた反射光は1/4波長板7によりS偏光光となっており、3つのビームスプリッタはそれぞれ対物レンズ6に近いものから順にS偏光光を約33%反射、50%反射、100%反射するように設計されている。これにより物体からの反射光は1/3ずつ均等に分割され、それぞれの一次元配列型検出器10a、10b、10cにより検出される。

【0048】像面は偏光ビームスプリッタ5a、5b、5cそれぞれに存在することになるが、一次元配列型検出器10a、10b、10cはその像面に対して、一つは像面より若干対物レンズ側に設置され(10c)、一つは像面の位置に設置され(10b)、もう一つは像面より若干対物レンズから離れる側に設置される(10a)。3つの一次元配列型検出器10a、10b、10

10

cの同一座標の受光素子は物体8表面の同一の点からの反射光を受光するが、それぞれ合焦状態が異なる状態での値を得ることになる。

【0049】共焦点光学系の特性によって、合焦状態が異なると検出器に入射する光量が変わる。合焦時は非常に強い検出器出力となるが、合焦状態が悪化する、つまりピントがはずれると検出器出力が小さくなる。

【0050】そこで物体8表面が対物レンズ6の物体側焦点面位置近傍にあるときの各検出器出力の値を、物体8表面の光軸方向の位置の関数としてモデル化あるいは事前にデータ化しておくことで、各検出器から得られる3つの値から物体表面の位置を求めることができる。

【0051】合焦状態に応じて検出器の出力は、例えば図6に示すような合焦時をピークとする山形の特性となるから、この山をガウス関数でモデル化する。上記の合焦状態の異なる3つの値(3つの一次元配列型検出器10a、10b、10cの同一座標の受光素子の値)はガウス関数上の3点を示すことになり(図6点線部)、この3点を用いてガウス関数にフィッティングすることでピーク位置を高精度に求める。ピーク位置は合焦位置つまり物体表面の位置を表す。この計算を一次元配列型検出器10a、10b、10cの全画素について行えば、一次元的な高さデータ列が得られることになる。これらの演算はデータ処理装置11で行う。

【0052】このようにビームスプリッタを多段に配置することが可能であるのは、図2に示したように本発明においてはビームスプリッタを光軸方向に小さく作ることができることによる。図5では対物レンズの像側開口数(以下NAと呼ぶ)がかなり大きく描いてあるが、一般の対物レンズにおいては像側NAは高々0.03程度、像面付近では非常に細い光束にすぎないため、ビームスプリッタは非常に小さい(細い)ものにすることができる。

【0053】ビームスプリッタ近傍に直接一次元配列型検出器10a、10b、10cを置くスペースがない場合は微細なファイバーよりなるイメージガイドにより光を他の場所に導くこともできる。

【0054】上記で述べた高さデータ演算は一例にすぎない。この例では3個の一次元配列型検出器10a、10b、10cを使用しているが、2つ以上であればいくつであっても演算可能である。演算方法も2つの信号の比と物体表面の位置との関係を示したルックアップテーブルを持つ方式や、相関演算を行う方法、重心を演算する方法などが考えられる。

【0055】前記第3の実施例を用いた表面形状計測装置も、本発明の第2の実施例で示したのと全く同じように一軸テーブルと光触針センサー、Z軸移動機構とを組み合わせることで高速、かつ高精度の表面形状計測装置とすることができる。

【0056】

(7) 000-275027 (P2000-275027A)

1 1

【発明の効果】本発明によれば、高速でかつ視野サイズに自由度が高く、かつ簡素な構造でコンパクトな共焦点顕微鏡と表面形状計測装置を提供できる。共焦点光学系をもちいた大面積の計測が必要とされる半導体業界に対して大きい効果が期待できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第一の実施の形態の側面図である。

【図2】本発明の第一の実施の形態の正面図である。

【図3】本発明の第一の実施の形態の偏光ビームスプリッタの説明図である。

【図4】本発明の第二の実施の形態の構成図である。

【図5】本発明の第三の実施の形態の構成図である。

【図6】共焦点光学系の合焦状態と検出器出力の関係を示す図である。

【図7】共焦点光学系の計測原理を示す図である。

【図8】従来技術のスリット共焦点顕微鏡の構造を示す図である。

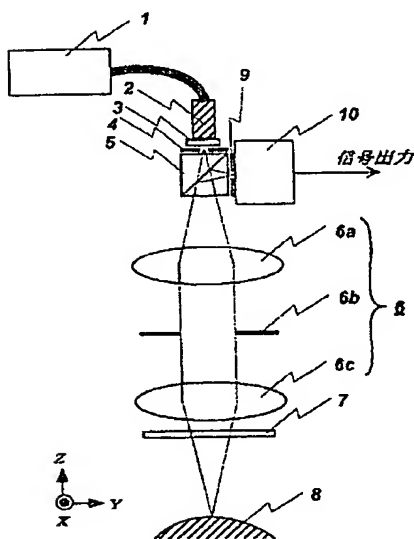
1 2

【図9】従来技術の非走査型共焦点顕微鏡の構造を示す図である。

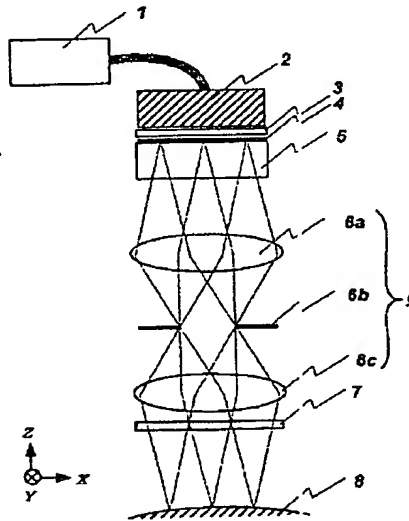
【符号の説明】

- | | |
|-----|------------|
| 1 | 光源 |
| 2 | ファイバライトガイド |
| 3 | 偏光板 |
| 4 | スリット開口 |
| 5 | 偏光ビームスプリッタ |
| 6 | 対物レンズ |
| 10 | 7 1/4波長板 |
| 8 | 物体 |
| 9 | スリット開口 |
| 10 | 一次元配列型検出器 |
| 11 | データ処理装置 |
| 401 | 一軸テーブル |
| 402 | 光触針センサー |
| 403 | Z軸移動機構 |

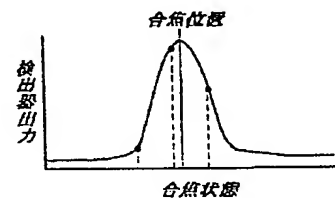
【図1】



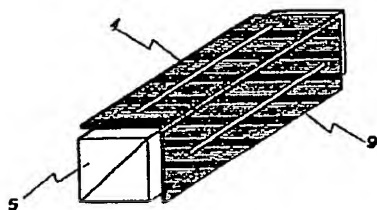
【図2】



【図6】

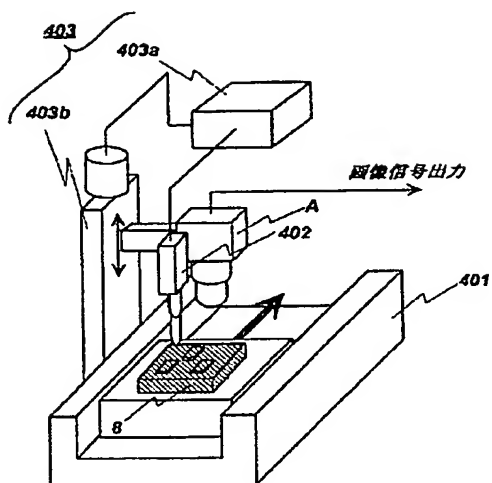


【図3】

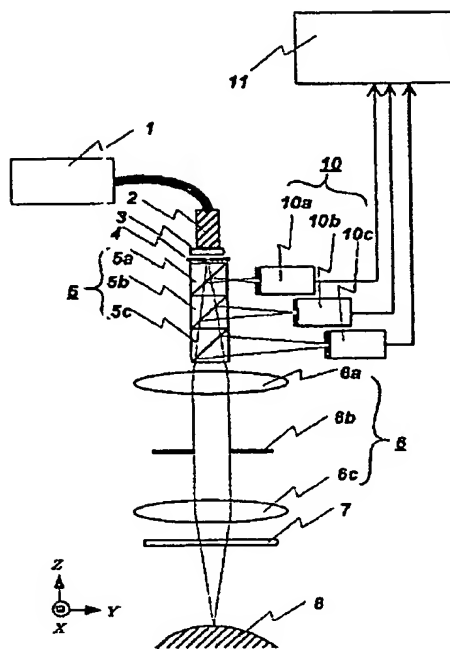


(S) 000-275027 (P2000-275027A)

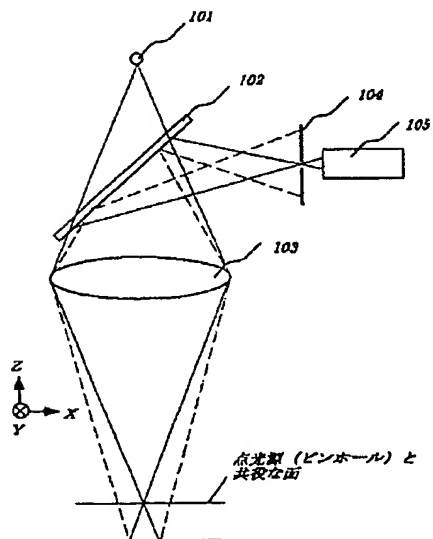
【図4】



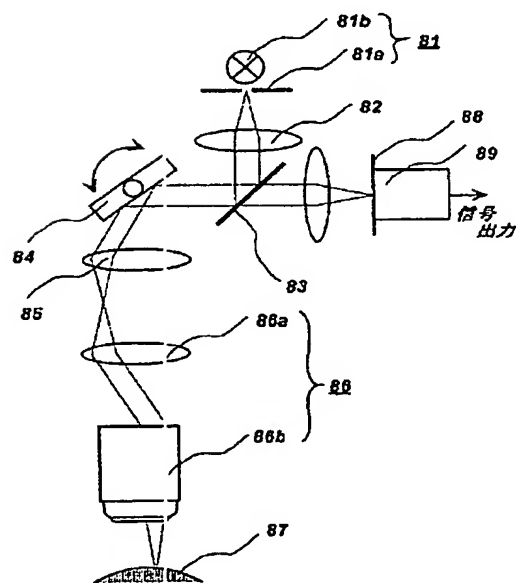
【図5】



【図7】

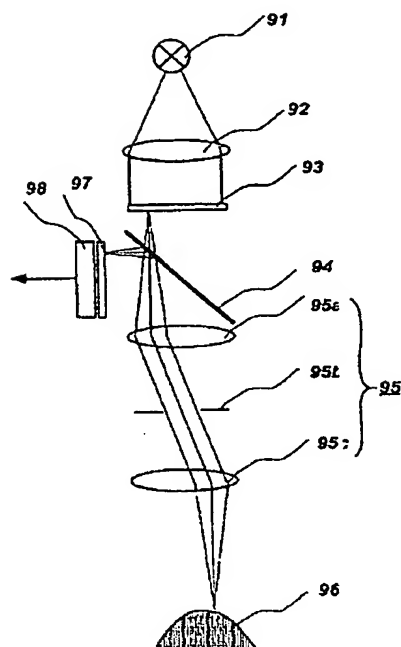


【図8】



(19) 000-275027 (P2000-275027A)

【図9】



フロントページの続き

Fターム(参考) 2F064 MM02 MM24 MM33 MM44
 2F065 AA04 AA24 AA54 BB05 DD02
 DD06 FF01 FF04 FF10 FF16
 FF61 GG03 HH05 HH13 JJ00
 JJ02 JJ25 LL01 LL21 LL28
 LL30 LL32 LL36 LL37 MM03
 PP12 QQ41 UU07
 2H052 AA08 AB24 AC16 AC26 AD09
 AD19 AF03 AF14

BLANK PAGE